

流水中の溶存酸素平衡に関する基礎的研究

正員 岩 井 重 久*
正員 南 部 祥 一**

FUNDAMENTAL STUDIES ON THE DISSOLVED OXYGEN BALANCE IN A STREAM

By Dr. Eng., Shigehisa Iwai, C.E. Member, and Dr. Eng., Shōichi Nambu, C.E. Member.

Synopsis: The Streeter-Phelps' formula was revised by introducing new reaction constants (K_d ; for deoxygenation and K_r ; for reaeration), on the basis of the results of our experimental analysis on the oxygen balance in a stream with an apparatus (Fig. 1), especially designed for this purpose. Then, after investigating the relationships between K_d or K_r and its controlling factors, it was revealed that K_d and K_r were affected by the loaded amount of putrescible matter into the stream, of which the effect was used to be neglected in the past analysis, and that the conventional formula was apt to give underestimated values of the dissolved oxygen deficit for short streams where a large amount of pollutant was loaded.

要旨 とくに本研究のために考案した室内実験装置(図-1)を用いて、流水中の溶存酸素平衡に関する実験的研究を行ない、ここで新たに導入した流水中の脱酸素反応恒数 K_d および再曝気反応恒数 K_r を用いて、Streeter-Phelps 式を補正した。ついで、 K_d 、 K_r とその規制要素との関係について検討を行ない、 K_d および K_r は従来無視されていた有機性汚染物質の負荷量に強く影響され、また、強汚染河川を対象として溶存酸素平衡を解析する場合には、Streeter-Phelps 式を採用すると、危険側の結果がえられることを明らかにした。

1. 緒 言

好気性微生物の生存を支えるのに十分な酸素が河水中に溶存していれば、その河川へ流入した有機性汚染物質は好氣的に、また溶存酸素量が不足していると、この物質は嫌氣的に分解される。ところで、嫌氣性分解産物は悪臭が強く、河川を黒濁させる原因となるものが多く、さらに嫌氣性の強い河川環境では水中溶存酸素が不足して、いわゆる腐敗の状態をていし、用水源としての価値が低下し、水棲生物も死滅するにいたる。他方、好気性分解の最終産物は炭酸ガス、水、硝酸塩、硫酸塩といった安定した物質であり、悪臭もなければ水棲生物に与える悪影響も少なく、汚濁上の問題を起こさない。

上述のように河水中の溶存酸素量は、生物化学的自浄作用の主体となるバクテリア、その他の微生物の生育なども関連して、負荷される有機性汚染物質の分解過程を支配することになるから、流水中における溶存酸素の消長に関する研究は河川の汚濁機構を解明し、これを規

制してゆく上に欠くことができない。

縦軸に酸素飽和不足量、横軸に時間(または流下距離)をとってプロットされた溶存酸素量の水域内流下方向の分布は溶存酸素量垂下曲線(Dissolved Oxygen Sag Curve)と呼ばれている^{1),2)}。この曲線は有機性汚染物質の分解を進める微生物の代謝、生物化学的酸化および水棲動物の呼吸による酸素消費や大気中の酸素ガス吸収、水棲植物による酸素産出、その他、汚染物質の沈殿、河床堆積物の影響など、流水中の酸素平衡に関連する諸作用をすべて合成した結果を示しているが、従来から、上記の酸素消費ならびに酸素供給をそれぞれ一括して脱酸素反応、再曝気反応と考えた巨視的な取扱いが慣用されている。Streeter-Phelps³⁾はこのような考えのもとにオハイオ河の調査資料⁴⁾を整理した結果、上記の2反応がそれぞれ一次反応であるとし、反応速度でこの両者が合成できると考えて次のような垂下曲線の基礎式を提案した。

$$\frac{dD}{dt} = K_1 L - K_2 D \dots \dots \dots (1-1)$$

ここに D : 酸素飽和不足量 (ppm), L : 残留 BOD (ppm), K_1 : BOD びん中における脱酸素反応恒数(1/日) K_2 : 再曝気反応恒数 (1/日), である。

式(1-1)中の K_1 の定義からも明らかのように、酸素平衡についての従来の研究では、BOD 試験の結果にこだわり過ぎたきらいがあり、実河川にこれを適用した場合に満足な結果がえられないことが多かった。本研究ではこうした点に注目して、新しい考えから試作した実験装置により実際にそくした条件のもとに詳細な実験を行ない、流水中における溶存酸素平衡を解明しようと試みたのである。

* 工学博士、京都大学教授、工学部衛生工学教室

** 京都大学工学博士、国立公衆衛生院衛生工学部

2. 垂下曲線の基礎式とその検討

式 (1-1) による従来からの解析法については次のような疑問が生じる。(1) 流水中の脱酸素反応恒数として BOD 試験でえられた K_1 をそのまま流用できるかどうか。(2) K_2 が水流状態, 大気よりのガスの吸収効率などの水理的または化学的要素のみによって規定されるかどうか。(3) 上述のように K_1, K_2 が相互に無関係であるかどうか。

いま, 実河川の時刻 $t=0$ における流水中の溶存酸素量を O_0 , t 時間流下後の溶存酸素量を O , この間で消費された酸素量を O_e , また, 供給された酸素量を O_r とすると, 次の酸素平衡式が成立する。

$$O = O_0 - O_e + O_r \text{ または}$$

$$\frac{dO}{dt} = -\frac{dO_e}{dt} + \frac{dO_r}{dt} \dots\dots\dots(2-1)$$

ここで, $D = O_s - O$: 酸素飽和不足量 (O_s : 酸素飽和量) および L を用いて上式を書き改めれば, 次式をうる。

$$\frac{dO}{dt} = -\frac{dD}{dt}, \quad \frac{dO_e}{dt} = -\frac{dL}{dt}$$

$$\therefore \frac{dD}{dt} = -\frac{dL}{dt} - \frac{dO_r}{dt} \dots\dots\dots(2-2)$$

式 (2-2) は酸素不足の変化率が流水中における酸素消費および酸素供給の変化率によって表わされることを示し, 右辺第1項が酸素消費, 第2項が酸素供給に対応している。従って, 式 (1-1) のように実河川の脱酸素過程をそのまま再現できない BOD 試験にもとづいて K_1 を決定し, 右辺第1項を規定してしまうと, 第2項にまで脱酸素の影響が関係してきたり, また逆に酸素供給の影響が第1項にふくまれてくる恐れが十分考えられる。さらに, 流水中の脱酸素ならびに再曝気反応は相互に干渉しつつ酸素平衡を律しているはずであるから, その反応恒数は K_1, K_2 のように別個に決定できる性質のものでなく, 実際に, そこで認められる反応にもとづいて決定されると考えるのが妥当と思われる。

以上の諸点を考慮して dL/dt を新たに式 (2-3) のように規定し, 流水中における脱酸素反応恒数として K_d を導入した。

$$\frac{dL}{dt} = -K_d L \dots\dots\dots(2-3)$$

また, 再曝気反応の規制式としては, 従来提案された諸式を参照し^{3), 5), 6), 7)}, 次式を採用した。ただし, K_r は流水中の再曝気反応恒数である。

$$\frac{dO_r}{dt} = K_r D \dots\dots\dots(2-4)$$

式 (2-3), (2-4) を式 (2-2) に代入すると, 式 (1-1) の補正式として式 (2-5) が誘導されるが, 同式は K_d, K_r を導入した点で式 (1-1) と相違し, 前述の欠陥を補

っているところに特徴がある。

$$\frac{dD}{dt} = K_d L - K_r D \dots\dots\dots(2-5)$$

さらに上式を $t=0$ にて $L=L_0$ および $D=D_0$ の条件を与えて解くと次の解がえられる。

$$D = \frac{K_d L_0}{K_r - K_d} \{ \exp(-K_d t) - \exp(-K_r t) \} + D_0 \exp(-K_r t) \dots\dots\dots(2-6)$$

または,

$$D = \frac{k_d L_0}{k_r - k_d} (10^{-k_d t} - 10^{-k_r t}) + D_0 10^{-k_r t} \dots\dots\dots(2-6)'$$

なお, 河水中に多量の沈降性汚染物質が存在している場合には, 流下の途中でこれらの汚染物質が河床へ沈殿するために, 河水中の BOD が減少するが, Thomas⁸⁾ は沈殿などによるこうした BOD の減少過程を次のように表わしている。

$$\frac{dL}{dt} = -K_s L \dots\dots\dots(2-7)$$

ここで, K_s は河水中にふくまれる汚染物質の組成, 量および水流状態などに関係する比例定数であり, 水流の乱れが強く, 洗掘の起こっている水域では負の値をとる。

本論文では, この K_s を一応除外して議論するが, 式 (2-6) に上記の沈殿, 洗掘浮上の影響を導入するには, この影響が残留 BOD L だけにのみ関係することに注目して, 式 (2-3) の K_d の代りに $(K_d + K_s)$ とおき, 式 (2-5) と連立させて解けばよいわけであるから⁹⁾, K_s さえ正確に測定できれば, こうした影響がある場合についても以下と同様の議論ができる。

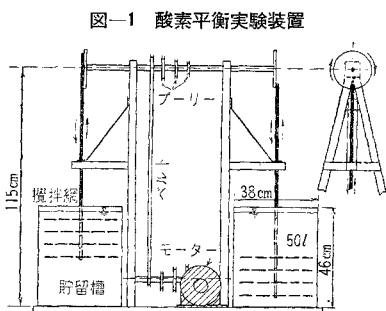
3. 実験装置と実験方法の概要

実河川について K_d, K_r を測定する場合には, いろいろの点に問題があり, 河川形状, 水流状態または汚染物質の負荷状態が必要な条件を満足していなければ誤った結果を導びく恐れがある。例えば, 負荷される汚染水の濃度が時間的に変動している場合には, 流下方向にとられた各測点について採水し, 溶存酸素量を測定すれば一応垂下曲線は求まるが, この曲線は定常状態を対象とする式 (2-5), (2-6) では取り扱えない。また同様のことが河川流が非定常の場合についてもいえ, 結局, K_d, K_r の測定に当っては, 一定水質の污水が一定流入量で流入し, 河川流が等速定流であり, さらに途中に大きな支川の流入がないことが必要である。いずれにしても実河川で K_d, K_r を測定するには相当の労力を要し, 従来, これらの反応恒数についての検討が十分行なわれなかったのも, 基礎資料の収集にこうした困難があったためと考えられる。

ここで式 (2-5) にもどって考察してみると, 同式から流水中の酸素平衡は脱酸素反応と再曝気反応によっ

て規制されていることがわかる。従って以下では、この両反応を同時に起こさせる装置を製作して実験を行なった。なお、同装置によって対象河川の酸素平衡状態を正確に再現できれば、室内において K_d , K_r を測定することも可能となるが、この点に関しては今後の研究から検討してゆきたいと考えている。

今回試作した装置は図一に示すが、本装置の原形は



O' Conner および Dobbins が再曝気実験に用いた装置であり⁹⁾、彼等が 2.5 l の試料容器を使用したものに対して、本装置では 50 l の容器 (貯留槽) を用意している。

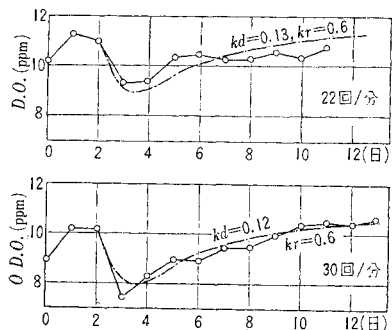
図一に示すように本装置は試料を入れる貯留槽 (2 個)、同槽内の試料を上下動によってかくはんする格子群、モーターの回転をかくはん格子の上下動に変え、同時に変速も行なう交換機および動力源 (モーター) より構成されている。かくはん格子は径 1 mm の真ちゅう線で編んだ網目 5 mm の円形網 4 枚から成り、格子間隔は容易に調節できるようになっている。かくはん格子の上下動は 22, 30, 35, 40 回/分に相当する 4 組のブリーを使って変速できる。また、サーモスタットにより試料を所定の一定温度に保つようになっている。厳密に言えば、試料中へ大気中から吸収される酸素ガスの割合は空気中にふくまれるガスの組成、気温、気圧によって変化するが、こうした点まで配慮した実験装置の製作は現状ではほとんど期待できないので、以下の実験においてはこれらの影響を一応無視することにした。

(1) 1 分間 22 および 30 回の上下動を格子に与えてかくはんした場合について、試料水の溶存酸素量、残留 BOD の時間的変化を測定し、本装置によってえられたこれらの実験結果がこれまでに導かれた基本的な関係を満足しているかどうかについて検討した。すなわち、試料水中の L_0 が大体 20 ppm となることを予想して、人工汚水⁹⁾ の適量を蒸留水で希釈して貯留槽に入れ、かくはん開始約 5 分後から採水を始めた。採水した試料はただちに溶存酸素量を測定すると同時に残留 BOD を求めるために、BOD 試験法¹⁰⁾ にもとづいて培養した。以後 24 時間ごとに 13 日間同様の操作をくり返していった。このさい、貯留槽内では試料の溶存酸素量、残留

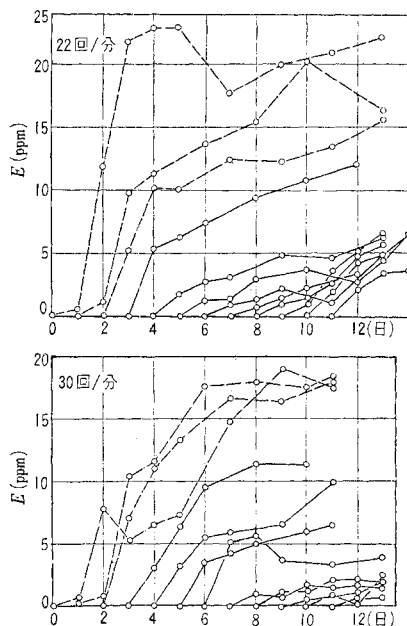
BOD 値の分布がほぼ均等であったので、採水は水面下 10 cm の位置のみから行なっている。

ここでえられた溶存酸素量-時間曲線および BOD 試験の結果を図一2, 3に示す。BOD 試験の結果 (図一3) によれば、最初の 2 日間では、各採水試料の L_0 がほと

図一2 溶存酸素量-時間曲線の実験値と理論値



図一3 消費 BOD, E の時間変化



んど変化していないから、有機物質の分解が起こっていないと推定される。一方、このときの溶存酸素量の変動は、分解による酸素消費がないところに、再曝気によって新たに酸素が供給されているわけだから、図一2にみるように増加の傾向にある。このように人工汚水を使用した実験では分解反応に時間的な遅れがでてくるが、式 (2-6), (2-6)' によって K_d , K_r または k_d , k_r を求めるに当たっては、この遅れを除いた実験曲線を対象にすればよい。

残留 BOD L の時間的変化が測定されると、式 (2-3) によって K_d , k_d を知ることができる。従って図一3か

ら, Moore 等¹¹⁾ が提案した方法により, 各測定時間の残留 BOD を求め, えられた値を式 (2-3) に代入し, k_d を求めた。

22回/分の実験

$$k_d = 0.13 \text{ 1/日 (水温 } 9.5^\circ\text{C)}, L_0 = 17.2 \text{ ppm}$$

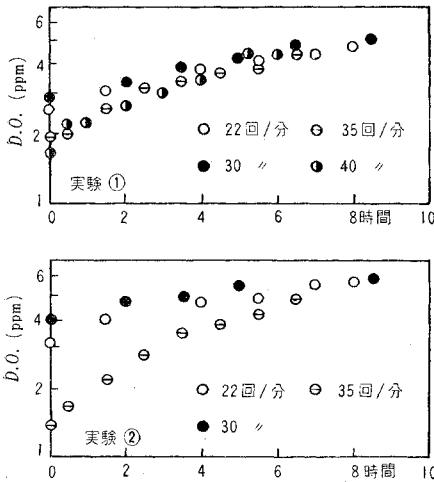
30回/分の実験

$$k_d = 0.12 \text{ 1/日 (水温 } 11.8^\circ\text{C)}, L_0 = 18.9 \text{ ppm}$$

以上の資料を用い, 式 (2-6)' によって今度は 図-2 の実験曲線に一致するような k_r を試算から求めると, 両者とも $k_r = 0.6 \text{ 1/日}$ となった。さらに, この k_d, k_r を用いて計算した理論曲線を 図-2 中の鎖線で示したが, 実測不足量との誤差は, 大きい場合でも, 10% 程度であり, 満足すべき精度がえられていると思う。

(2) 格子によるかくはんと再曝気との関係を見るために, 純粋の脱酸素水ではないが, 窒素ガスを吹き込み溶存酸素量を減少させた蒸留水につき, 格子の固定位置および上下動周期を変化させて再曝気実験を行なった。実験に当っては, かくはん開始後 30分~2 時間間隔に採水して溶存酸素量を測定し, 図-4 の結果をえた。同図

図-4 脱酸素清水の再曝気実験結果



における実験 ① では, 格子間隔を 3 cm とし, 全格子はかくはんの途中で水面上に出てこないように固定した。また, 実験 ② では, 格子間隔を 8 cm に広げ, かくはんの途中で最上段の格子のみが水面上に出るように調節した。

本実験の試料水のように有機性汚染物質が負荷されてなくて, 単に酸素が不足している場合の再曝気に関しては, すでに多数の研究結果が報告され^{5), 6), 7)}, 酸素吸収率は次式によって表わせることが明らかにされている。

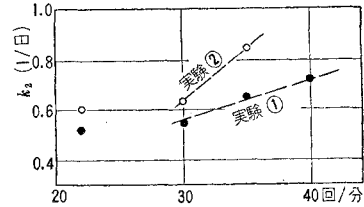
$$\frac{dD}{dt} = -K_2 D \dots\dots\dots (3-1)$$

式 (3-1) は式 (2-3) と同形の方程式であるが, 有機性汚染物質負荷の有無の点で相違しており, ここでは K_2

を K_r と区別して取り扱うために, 便宜上単純再曝気反応恒数と呼んでおく。

図-4 の溶存酸素量-時間曲線を式 (3-1) によって解析し, k_2 (10を底とする恒数) を求め, 単位時間(分)当りのかくはん回数に対応させて 図-5 にプロットした。図-5 から明らかなように, かくはん回数が大とな

図-5 単純再曝気反応恒数 k_2 とかくはん回数との関係

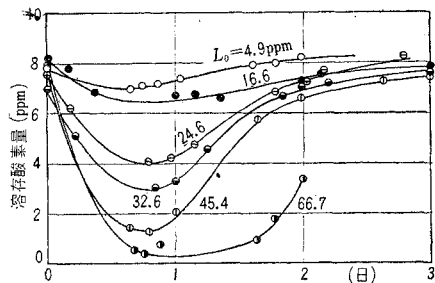


ると k_2 も増大し, また一番上の格子が水面上にできる実験 ② の方がそうでない実験 ① よりも大きな k_2 をとっている。すなわち, かくはん回数, 格子位置によって k_2 をいろいろに変化させることができるわけであり, この結果から, 本装置によれば試料水に所要の再曝気効果を与えうることがわかる。

(3) 以上の基礎実験から, 本装置によって流水中の酸素平衡を解析する根拠をえたので, k_d, k_r の特性, ひいては酸素平衡特性を明らかにする目的から, 次の (a), (b), (c) の条件のもとで詳細な実験を行なった。なお, O'Conner および Dobbins は詳細な研究を行ない, 水流状態を規制する諸水理量 (流速, 水深, 河床勾配) と単純再曝気反応恒数 K_2 との関係を示しているが⁵⁾, ここで誘導されている式にもとづいて淀川中流部を対象に k_2 ($0.4343 K_2$) を推定した結果, 0.71 1/日 がえられたので, ここでは, k_2 が $0.5 \sim 0.7 \text{ 1/日}$ となる場合について実験した。

(a) かくはん回数 30 回/分, 水温 20°C の条件のもとに蒸留水で希釈した人工汚水 ($L_0 = 4.9 \sim 66.5 \text{ ppm}$) について実験した。本実験の結果を図示したのが 図-6 であるが, 分解反応が開始されると認められた時刻より前の実測値はプロットしていない。なお, $L_0 > 60 \text{ ppm}$

図-6 負荷汚染物質質量を変化させて測定した溶存酸素量-時間曲線 (30回/分)



になると、図-6 から明らかなように、ある時間には溶存酸素がほとんど消費されてしまい、好気性分解の進行が疑問になってくるので、この場合の実験結果は、以下では省略して考えることにした。

(b) かくはん回数 22 回/分、水温 20°C、蒸留水で希釈した人工汚水 ($L_0=22.8, 19.9$ ppm)

(c) かくはん回数 40 回/分、水温 20°C、蒸留水で希釈した人工汚水 ($L_0=24.5, 37.8, 44.5, 49.2$ ppm)

以上の (a), (b), (c) の実験時における格子位置は (2) の実験 ① の場合と同一である。

4. 流水中の酸素平衡特性

(3) の実験でえられた溶存酸素量-時間曲線を満足する k_d, k_r を式 (2-6)' によって試算から求め、汚染物質負荷量がこれらの恒数に与える影響をみるために、図-7, 8 のように L_0 に対してプロットした。このさ

図-7 脱酸素反応恒数 k_d と負荷汚染物質質量との関係

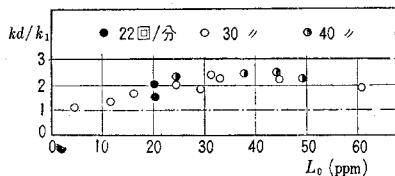
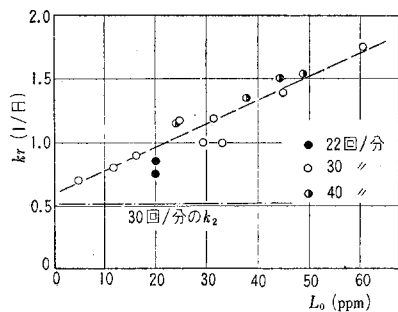


図-8 再曝気反応恒数 k_r と負荷汚染物質質量との関係



い、図-7 においては、各資料の BOD 試験からえられた k_1 が相互に多少相違していたので、これらの誤差を除くため、 k_d/k_1 と L_0 との関係としてプロットした。

図-7 でえた L_0 と k_d との関係についてみると、 k_d は L_0 によって明らかに変化しており、 L_0 が低いときには $k_d/k_1=1$ 、すなわち、 $k_d=k_1$ が成立するが、それより大きい L_0 に対しては L_0 の増加につれて増大し、 $L_0>30$ ppm になると、ほぼ一定した値をとるようになっていく。また、 k_r は図-8 に示すように、 L_0 によって k_d の場合よりさらに大きく変化しており、 L_0 の小さい場合には、単純再曝気反応恒数 (図-8 中の鎖線) に近似した値をとるが、その後 L_0 の増加とともに直線的に増加し、 $L_0=60$ ppm においては k_2 の 3 倍強

の値にまで達している。一方、本実験の範囲内では、 k_r におよぼす k_2 の影響が L_0 のそれより相当小さいことがわかる。

活性スラッジ法による汚水の処理過程においては、河川で数日もかかるような BOD の減少がわずか数時間でな行なわれているが、両者の浄化過程には本質的な相違はないはずであり、いずれも好気性の生物化学的浄化作用にもとづくものと考えられる。従って、ここでは微生物の動作や作用が重要となってくるわけで、上述の実験結果からみても明らかなように、純化学的ないしは純物理的な取扱いによっては説明できない場合が起こってくる。

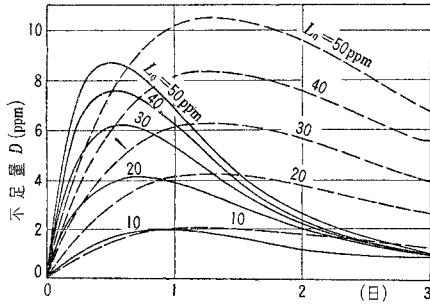
Garrett Jr.¹²⁾ は活性スラッジ法の浄化機能について研究し、曝気槽内水の揮発性固形物質質量 (細菌の栄養源と考えられている) が少ない場合には、その増加につれて、 $dM/M \cdot dt$ (M ; 細胞物質の濃度) で定義される生長率は増大するが、こうして増大する生長率も同物質質量のある限界値以上に対しては一定した値をとるようになることを報告している。また Smith¹³⁾ は活性汚泥中に空気を吹き込み、そのさいの酸素の挙動を詳細な実験によって解析しているが、単位重量の汚泥中へ単位時間中に供給される酸素量と BOD 負荷量との関係について整理した結果をみると、酸素の供給率は BOD 負荷量の増加に比例して直線的に増加している。

これらの研究結果を上記した著者らの実験結果と直接結びつけるには、なお多くの問題点があるが、同じ生物化学的浄化過程のうちで両者が定性的によく一致した傾向を示していることは注目すべき点だと思う。最近、好気性生物化学的浄化作用に関する研究が活発であり、著者らも活性スラッジ法による汚水処理の効率増進なども関連させてさらに研究を進める計画であるが、本実験で明らかにした k_d, k_r の特性は、こうした研究を行なうに当たって、最初に問題になる点と思う。

従来、流水中における脱酸素および再曝気反応恒数は負荷汚染物質の組成、流入先河川の水流通状態、気温、水温によって規制されると考えられていたが、以上の実験結果から明らかなように、これらの要素が一定であっても負荷汚染物質質量によって相違している。従って負荷汚染物質質量も規制要素の一つとして考慮する必要があり、こうした点まで考慮した反応恒数が k_d, k_r ということになる。

図-7, 8 に示した実測の k_d, k_r を用いて種々の L_0 に対する垂下曲線を計算すれば図-9 の実曲線が求まる。これに対して Streeter-Phelps 式 (1-1) により、同様の計算を行なうと同図の点曲線がえられる。ただし以上の計算では、 $D_0=0$ と置き、 k_1 は 30 回/分の実験からえられた実測平均値 0.2 1/日、また k_2 は 30 回/分 に対

図-9 k_d, k_r (実線) および k_1, k_2 (点線) を用いて計算した溶存酸素量垂下曲線



する単純再曝気反応恒数 0.52 1/日 を用いた。

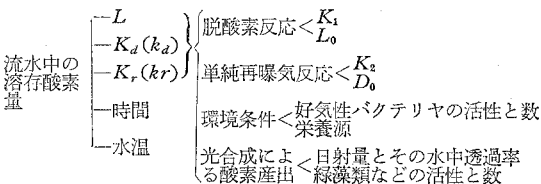
図-9 の実, 点両曲線の相違は次のように要約できる。

(1) L_0 が 10 ppm 以下では両曲線はほぼ近似しているが, L_0 の増加とともにその相違が大きくなってゆく。(2) 不足量の最高値に対応する時間を t_c , または流下距離を x_c とすれば, $t < t_c, x < x_c$ では, 実曲線で示される不足量が点線のそれよりも大きく, $t > t_c, x > x_c$ では, 逆の関係が認められる。

従って, この結果から, k_1, k_2 を採用した Streeter-Phelps 式による解析は, 負荷汚染物質量が小さいときのみ満足な結果を導びき, 一方, 負荷量が大いときの $x < x_c$ の水域では, 危険側の推定を行なうことになると推察される。

K_d (k_d) を支配する要素は前述した L_0 以外に K_1, K_2 , 河水中に棲息する好気性バクテリアの活性と数およびその生存を保持する栄養物の質, 量が考えられ, 後二者によって特性づけられる条件を環境条件と呼ぶことができよう。一方, K_r (k_r) は河水への見掛けの酸素供給について考えているので, 前述した諸要素以外に緑藻類などの光合成による酸素産出の影響も当然受けている。また, 式 (2-5) は流水中の溶存酸素量が残留 BOD L, K_d, K_r および時間によって規定されることを示しており, このほか, K_d, K_r が水温によって変化することも忘れてはならない。このうち, 時間および水温は独立した要素であるが, 前三者は相互に関連しているのので, 上述した K_d, K_r を規制する L_0 , 環境条件などは, 結局, K_d, K_r, L すべての規制要素とみるべきであり, 以上の検討を総合すれば, 流水中の酸素平衡を規制する要素を図-10 のように整理することができよう。

図-10 流水中の酸素平衡を規制する要素とそれの相互関係



5. 結 語

以上, 図-1 に示す装置を用いた実験の結果から, 流水中の溶存酸素平衡に関して基本的な検討を行なったが, 実際の汚濁河川についてさらに解析を進めるためには, なお多くの調査研究が必要なことはいうまでもない。われわれは, 今度試作した装置が同平衡の解析に有効なことを認めたので, 今後は, 本装置の相似性に重点を置いて研究してゆきたいと考えているが, 淀川中流部においてすでに行なった実測の結果からみれば, 本装置と実河川における溶存酸素平衡を相似されるも可能と思われる。

最後に, 本研究でえられた成果のおもなものを要約すると次のようになる。

(1) 流水中における脱酸素反応恒数 K_d および再曝気反応恒数 K_r を導入して Streeter-Phelps 式を補正し, 式 (2-5) を導びいた。

(2) 試作した装置による基礎実験より, K_d, K_r は $t=0$ における残留 BOD L_0 によって変化し, L_0 が小さいときには, $K_d \neq K_1, K_r \neq K_2$ が成立することを認めた。また, L_0 が増加すると, それにつれて K_d, K_r も増大するが, K_r が L_0 の増加にほぼ比例して増大してゆくのに対し, K_d は一定値 (実験では $2K_1$) に漸近してゆく傾向にあることが認められた。

(3) Streeter-Phelps 式は, 汚染度の低い河川に適用された場合には, 満足な結果を与えるが, 汚染度の高い短小な河川に適用されると, 危険側の結果を与える恐れがある。

参 考 文 献

- 1) Fair, G.M. and Geyer, J.C.: Water Supply and Waste Water Disposal, Jhon Wiley & Sons, Inc., N.Y., 1956.
- 2) 岩井重久: 河川水中の溶存酸素平衡について, 用水と廃水, Vol. 2 (1960), No. 1, P. 45.
- 3) Streeter, N.W. and Phelps, E.B., Public Health Bulletin 146, U.S. Public Health Service, 1952.
- 4) Ohio River Pollution Control, Report of the U.S. Public Health Service, 1943.
- 5) O'Conner, D.J. and Dobbins, W.E.: The Mechanics of Reaeration in Natural Streams, Proc. A.S.C.E. Vol. 82 (1956), No. SA 6.
- 6) Rand, M.C.: Concepts of Surface Reaeration—A Critical Review, Sew. & Ind. Wastes, Vol. 29 (1957), P. 1282.
- 7) Camp, T.R.: Gas Transfer to and from Aqueous Solutions, Proc. A.S.C.E., Vol. 84 (1958), No. SA 4.
- 8) Thomas, H.A. Jr.: Pollution Load Capacity of Stream, Water & Sewage Works, Vol. 95 (1948), P. 409.
- 9) Pasveer, A.: Research on Activated Sludge. V. Rate of Biochemical Oxidation, Sew. & Ind. Wastes, Vol. 27 (1955), P. 783.
- 10) 下水試験法, 水道協会 (1953)
- 11) Moore, E.W., Thomas, H.A. and Snow, W.B.: Simplified Method for Analysis of B.O.D. Data, Sew. & Ind. Wastes, Vol. 22 (1950), P. 1343.
- 12) Garrett, M.T. Jr.: Hydraulic Control of Activated Sludge Growth Rate, Sew. & Ind. Wastes, Vol. 30(1958), P. 253.
- 13) Smith, D.B.: Measurements of the Respiratory Activity of Activated Sludge, Sew. & Ind. Wastes, Vol. 25 (1953) P. 767.

(原稿受付: 1960.5.13)